



Original Article

Comparison of Physical Fitness Parameters and Stone Delivery Performance According to Competitive Level in Wheelchair Curling Athletes

Yeong-Hyun Cho¹, Seong-Mo Jin¹, Hyeon-Su Park¹, You-Sung Lee¹,
Jung-Hun Kim², Ji-Young Kim¹, and Tae-Whan Kim^{1*}

¹Department of Sport Science, Korea Institute of Sports Science

²Department of Administration, Korea Para Curling Association

Article Info

Received 2026. 04. 27.

Revised 2026. 05. 21.

Accepted 2026. 05. 30.

Correspondence*

Tae-Whan Kim

burumi@kspo.or.kr

Key Words

Wheelchair curling,
Para athletes,
Competitive level,
Physical fitness,
Stone delivery performance

PURPOSE This study investigated the differences in physical fitness parameters and stone delivery performance according to competitive level in wheelchair curling athletes. **METHODS** Sixteen male Korean wheelchair curling athletes were grouped into national (NT, $n=8$) and nonnational (NNT, $n=8$) team groups. Physical fitness parameters included grip strength, modified pull-ups, forward reach distance, and performance on the 14-m wheelchair shuttle test. Stone delivery performance was assessed using draw and take-out shots under standardized conditions. Statistical significance was set at $p<.05$. **RESULTS** The NT group achieved significantly higher values than the NNT group in right grip strength ($p=0.045$), modified pull-up repetitions ($p=0.017$), right forward reach distance ($p=0.024$), and the 14-m wheelchair shuttle ride test ($p=.001$). For stone delivery performance, the NT group demonstrated significantly higher scores in the in-turn come-around ($p=0.022$) and in-turn freeze ($p=0.046$), among draw shots. No significant between-group differences were observed in any take-out shot variables or in-turn conditions ($p>0.05$). However, although not significant, the NT group showed a relatively better performance and a moderate effect size in the in-turn hit-and-roll ($p=.072$, $r=.45$). **CONCLUSIONS** Differences in competitive level among wheelchair curling athletes were primarily linked to specific physical fitness variables and the precision of draw shot In-turn performance. Therefore, performance evaluations and training programs should prioritize upper-body strength and endurance, trunk control, repeated wheelchair mobility, and the stability required for executing high-precision in-turn draw shots including come-arounds and freezes.

서론

휠체어 컬링(wheelchair curling)은 휠체어에 앉은 자세(seated posture)에서 스톤(stone)을 시트(sheet) 위로 투구하고, 이를 호그 라인(hog line) 너머 하우스(house) 내 목표 지점에 정밀하게 배치하는 대표적인 동계 패럴림픽 종목이다. 경기 결과는 스톤의 최종 정지

위치와 전술적 스톤 배치(tactical stone arrangement)에 의해 결정되며, 특히 휠체어 컬링에서는 일반 컬링과 달리 스위핑(sweeping)에 의한 사후적 속도 및 궤적 보정이 허용되지 않으므로, 릴리즈(release) 시점에 형성된 초기 운동조건이 샷 결과(shot outcome)에 직접적으로 반영된다(World Curling Federation, 2024).

휠체어 컬링의 스톤 릴리버리는 상지를 이용한 단순 동작이라기보다, 안정된 자세 제어를 바탕으로 상지의 협응적 움직임과 정밀한 힘 조절이 함께 요구되는 복합적인 동작이다. 즉, 정확한 샷 수행을 위해서는 충분한 추진력 생성뿐 아니라, 목표한 선(line)과 속도(speed)에 맞추어 이를 미세하게 조절하는 능력이 동시에 필요하다. 기존 연구에서도 휠체어 컬링 릴리버리는 체간이 안정된 상태에서 상

© This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

지의 협응과 조절을 통해 수행되는 기술로 보고되었으며, 상지와 체간의 기능적 연계는 컬링 수행력의 중요한 전제 조건으로 제시되었다(Laschowski et al., 2017; Wang et al., 2022).

이러한 특성으로 인해 휠체어 컬링 경기력은 단일 체력 요인만으로 설명되기에는 한계가 있다. 정확한 딜리버리를 위해서는 상지의 힘 생성 능력과 힘 조절 능력이 필요하며, 앉은 자세에서의 체간 안정화(trunk stabilization)와 기능적 도달 조절은 정확한 딜리버리 수행에 기초가 될 수 있다(Zacharias et al., 2024). 또한 반복적인 경기 상황에서는 근지구력과 전신적 피로 저항성이 수행 일관성 유지에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 휠체어 컬링의 수행 특성은 상지 근기능(upper-limb muscle function), 앉은 자세의 자세조절(sitting postural control), 피로 저항성을 포함하는 다면적 체력 요소의 관점에서 해석될 필요가 있다(Bernardi et al., 2012; Laschowski et al., 2017).

휠체어 컬링 관련 선행연구는 주로 엘리트 선수의 체격 및 체력 특성을 제시하고 이를 일반 선수 또는 기존 문헌과 비교하는 방식으로 축적되어 왔다. Bernardi et al.(2012)은 휠체어 컬링 선수를 포함한 좌식 동계종목 선수의 기초 체력 및 생리적 특성을 비교하였으며, Gao et al.(2024)은 중국 휠체어 컬링 선수를 대상으로 연령, 훈련경력, 체성분, 악력, 벤치프레스, 5-km 휠체어 푸시 기록 등에서 엘리트 선수와 일반 선수 간 차이를 보고하였다. 그러나 이들 연구는 주로 일반적 체력 특성의 규명에 초점을 두었으며, 경기 결과를 직접 좌우하는 핵심 기술인 스톤 딜리버리 수행력(stone delivery performance)을 정량화하고 체력 요인과 통합적으로 해석하는 데에는 한계가 있다. 최근에는 전문성 수준에 따라 휠체어 컬링 선수의 스톤 딜리버리 정확성과 시각적 탐색 전략이 차이를 보일 수 있음이 보고되었으며, 이는 경기력 수준 차이가 경기특이적 수행 특성과도 연결될 수 있음을 시사한다(Li et al., 2026).

휠체어 컬링의 스톤 딜리버리 수행력은 하나의 단일 기술로 범주화될 수 없다. 드로우 계열 샷(draw-type shots)은 거리 및 정지 위치 조절의 정밀성이 핵심인 반면, 테이크아웃 계열 샷(take-out-type shots)은 스톤 접촉 이후의 이동(displacement)과 후속 위치 형성(post-impact positioning)까지 고려해야 하므로 요구되는 힘 조절과 선 제어(line control)의 특성이 다를 수 있다. 더 나아가 동일한 샷 과제(shot task)라 하더라도 인턴(in-turn)과 아웃턴(out-turn)은 릴리즈 양상(release pattern), 선 설정(line setting), 회전 조절 측면에서 서로 다른 수행 특성을 보일 가능성이 있다(Wang et al., 2022). 따라서 휠체어 컬링 선수의 수행 분석은 단순 성공률을 넘어, 샷 범주(shot category)와 턴 방향(turn direction)을 구분한 경기특이적 평가(sport-specific assessment)로 접근할 필요가 있다.

이와 같이 휠체어 컬링 관련 연구는 주로 엘리트 선수의 체격·체력 프로파일을 제시하거나, 딜리버리 동작의 생체역학적 특성을 분석하는 데 초점을 두어 왔으며, 체력 변인과 종목특이적 수행력을 동시에 정량화하여 비교한 연구는 여전히 제한적이다. 특히 스톤 딜리버리 수행력을 다룬 소수의 연구에서도 샷 범주와 턴 방향을 세분화하여 경기력 수준에 따른 차이를 검증한 연구는 희소하다. 더욱이 한국 휠체어 컬링은 최근 국제무대에서 지속적으로 상위권 성적을 거두고 있음에도 불구하고, 국내 국가대표 선수와 비국가대표 실업팀 선수 간 체력 및 기술 수행 특성을 체계적으로 비교한 연구는 아직 보고된 바 없다. 이러한 연구의 공백은 경기력 결정 요인에 대한 학술적 이해뿐 아니라, 국가대표 선발 기준과 단계별 훈련 프로그램 설계의 과학적

근거를 확보하는 측면에서도 해결이 요구되는 과제이다. 따라서 본 연구의 목적은 경기력 수준이 다른 휠체어 컬링 선수, 즉 국가대표 선수와 비국가대표 실업팀 선수를 대상으로 체력 특성과 스톤 딜리버리 수행력의 차이를 비교·분석하는 데 있다.

연구방법

연구대상

본 연구는 경기력 수준이 다른 휠체어 컬링 선수의 체력 특성과 스톤 딜리버리 수행력을 비교하기 위한 횡단적 비교연구(cross-sectional comparative study)로 설계하였다. 연구대상자는 대한민국 휠체어 컬링 남자 선수 16명으로 하였다.

경기력 수준에 따라 대상자를 국가대표군(National Team Group, NT; n=8)과 비국가대표군(Non-national Team Group, NNT; n=8)으로 구분하였다. 국가대표군은 측정 시점 현재 국가대표 선수와 최근 15년 이내 대한민국 휠체어 컬링 국가대표 선발 경력이 있는 전직 국가대표 선수를 포함하여 구성하였다. 비국가대표군은 국가대표 선발 경력이 없는 실업팀 소속 선수로 구성하였다. 연구대상자의 포함기준은 1) 대한장애인컬링협회에 등록된 남자 휠체어 컬링 선수로서 스포츠등급이 WC-E에 해당하는 선수, 2) 휠체어 컬링 선수 경력이 5년 이상인 선수, 3) 본 연구에서 실시한 모든 체력 측정 및 스톤 딜리버리 수행 평가가 가능한 선수로 하였다. 제외 기준은 측정 시점에 급성 손상 또는 신체적·기능적 제한으로 측정이 어려운 선수로 설정하였다. 연구 대상자의 특성은 <Table 1>과 같다.

측정 항목 및 방법

본 연구에서는 휠체어컬링 선수의 경기력 수준에 따른 특성을 비교하기 위해 체력과 스톤 딜리버리 수행력을 평가하였다. 체력은 근력, 근지구력, 체간 조절 능력 및 심폐지구력으로 구분하여 측정하였으며, 스톤 딜리버리 수행력은 실제 경기 상황을 반영하여 드로우 샷과 테이크아웃 샷으로 구분하여 평가하였다. 모든 측정은 동일한 환경에서 표준화된 절차에 따라 실시되었고, 사전 설명 및 연습 후 수행하도록 하였다.

1. 근력

근력은 악력계(TKK5401, Takei, Japan)를 이용하여 악력 측정을 통해 평가하였다. 악력은 상지 근력을 반영하는 대표적 지표로 활용되며(Goosey-Tolfrey et al., 2017; Roberts et al., 2011), 본 연구에서는 휠체어에 앉은 상태에서 좌·우 악력을 각각 측정하였다. 대상자

Table 1. Characteristics of the athletes

Variables	NT(n=8)	NNT(n=8)
Age (years)	51.00 ± 9.10	51.13 ± 4.76
Weight (kg)	71.54 ± 8.02	68.26 ± 8.74
Career (years)	14.63 ± 3.50	14.50 ± 2.51

Values are presented as mean ± standard deviation. NT, national team group; NNT, Non-national team group

는 자신의 휠체어에 편하게 앉은 자세를 취한 후, 팔꿈치를 편 상태로 악력계가 휠체어에 닿지 않도록 유지한 채 보조자의 지시에 따라 3초 간 최대 힘을 발휘하였다. 측정 전 보조자는 대상자가 최대 힘을 발휘할 수 있도록 악력계 손잡이 간격을 조정하였으며, 대상자의 요청이 있을 경우 이를 재조정 후 측정을 실시하였다. 측정은 좌·우 각각 2회 실시하여 0.1 kg 단위로 기록하였고, 각 측정값 중 최댓값을 사용하였다.

2. 근지구력

근지구력은 철틀(Hammer Strength Smith Machine, Life Fitness, USA)을 이용한 modified pull-up 기반의 1분 반복 검사로 평가하였다. Modified pull-up은 상지 근지구력 평가를 위한 현장검사로 제시되어 왔다(Pate et al., 2012). 본 연구에서는 휠체어컬링 선수의 특성을 고려하여 해당 검사를 수정하여 적용하였다. 대상자는 보조자와 트레이너 2인의 보조 아래 철틀 하단에 위치한 마사지 침대에 수평으로 누운 상태에서 가슴 아랫부분이 철틀과 일직선이 되도록 자세를 설정하였으며, 양손은 어깨너비보다 약간 넓게 오버그립(over-grip)으로 철틀을 잡도록 하였다. 이후 양발 뒤꿈치를 모아 하지를 고정된 상태에서, 가슴이 철틀에 닿도록 팔을 굽혔다가 완전히 펴는 동작을 1분 동안 반복하도록 하였다. 시작 자세에서 가슴이 철틀에 닿았을 때를 1회로 기록하였으며, 허리가 과도하게 꺾이거나 엉덩이가 침대에서 떨어져 반동을 사용하는 경우, 또는 하강 시 팔꿈치를 완전히 펴지 않은 경우는 성공 횟수로 인정하지 않았다. 측정 전 과정을 촬영한 뒤 종료 후 성공 횟수를 재확인하였으며, 최종 기록은 1분간 수행한 정확한 반복 횟수(reps)를 사용하였다.

3. 체간 조절 능력

체간 조절 능력은 휠체어에 앉은 자세에서 전방도달거리(forward reach distance)를 통해 평가하였으며, 전방도달거리는 척수손상 및 휠체어 사용자에서 앉은 자세 균형과 체간 조절 능력을 반영하는 지표로 활용되어 왔다(Arsh et al., 2021; Gagnon et al., 2016).

체간 조절 능력은 동적평형형 측정기(TKK5407a Balance-3, Takei, Japan)를 사용하여 평가하였다. 대상자는 자신의 휠체어에 착석한 상태에서 한쪽 팔을 전방으로 뻗고, 반대측 상지로 휠체어를 지지하지 않은 상태에서 체간을 최대한 전방으로 이동하였다. 측정값은 시작 자세와 최대 전방 이동 시점 간의 거리 차이(cm)로 기록하였다. 좌·우 각각 2회 측정하였으며, 각 방향에서 가장 큰 값을 최종 분석에 사용하였다. 측정값이 클수록 휠체어 착석 자세에서의 체간 조절 능력과 전방 도달 능력이 우수한 것으로 해석하였다.

4. 심폐지구력

심폐지구력은 14-m wheelchair shuttle test를 이용하여 평가하였다. 본 검사는 Chung and Choi(2020)가 휠체어 농구선수를 대상으로 서틀린 수행 결과를 활용하여 최고산소섭취량 추정식을 개발한 연구를 근거로 구성하였다. 대상자는 휠체어에 탑승한 상태에서 오디오 신호에 맞추어 14 m 구간을 반복적으로 왕복 이동하였다. 한쪽 표식에서 반대편 표식까지 성공적으로 이동한 경우를 1 shuttle로 기록하였으며, 대상자가 오디오 신호에 맞추어 표식에 도달하지 못하거나 자발적으로 중단한 경우 검사를 종료하였다. 최종 점수는 완료한 총 shuttle수를 사용하였다.

스톤 딜리버리 수행력

스톤 딜리버리 수행력은 컬링 경기의 전술적 목적에 따라 드로우 샷과 테이크아웃 샷으로 구분하여 평가하였다. 드로우 샷은 스톤을 목표 위치에 배치하거나 기존 스톤 주변에 유리한 위치를 확보하는 샷으로 정의하였으며, Guard, Come-around, Freeze, Tap-back 샷을 포함하였다. 이 중 Tap-back은 충돌 요소를 포함하나, 본 연구에서는 목표 스톤의 제거 자체보다 유리한 위치로의 재배치를 주된 수행 목적으로 보아 드로우 샷 범주에 포함하였다. 테이크아웃 샷은 상대 스톤 제거 또는 제거 후 유리한 위치 확보를 목적으로 하는 수행으로 정의하였으며, Hit-and-stay, Run-back Hit-and-roll, Double take-out 샷을 포함하였다.

기술 평가는 강원도 소재 컬링장에서 실시하였으며, 빙질에 따른 영향을 최소화하기 위해 모든 평가는 동일한 경기장에서 수행하였다. 경기장 빙면 온도는 평균 -4.0 ± 0.5 °C로 유지하였고, 습도와 조명 등 환경 조건도 가능한 한 일정하게 통제하였다.

모든 샷은 In-turn과 Out-turn 조건으로 구분하여 실시하였으며, 각 조건별로 3회씩 수행하였다. 스톤 딜리버리 수행력은 Curl Coach의 shot scoring 기준을 참고하여 점수화하였다. 선행연구에서 shot score는 컬링 수행을 정량화하고 선수 및 팀 경기력, 경기 결과를 설명하는 지표로 활용되어 왔다(Masui et al., 2016).

본 연구에서는 각 시도의 스톤 딜리버리 결과를 Curl Coach의 샷 평가 기준에 근거하여 사전에 설정한 0-4점 척도로 채점하였으며, 최종 점수는 3회 시도의 평균값으로 산출하였다. 평가는 국가대표 지도자 및 스포츠과학 연구자 5인이 독립적으로 수행하였으며, 각 시도에 대한 평가 점수를 수합한 뒤 평균값을 분석에 활용하였다.

1. 드로우 샷 수행력

드로우 샷 수행력은 Guard, Come-around, Freeze, Tap-back을 통해 평가하였다. 드로우 샷의 점수는 샷별 수행 결과에 따라 0~4점으로 부여하였다.

Guard는 목표 스톤을 완전히 가린 경우 4점, 절반 이상 가린 경우 3점, 부분적으로만 가린 경우 1점, 호그라인을 넘지 못하거나 하우스 내부로 진입한 경우 0점으로 평가하였다. Come-around는 목표 위치에 정확히 안착한 경우 4점, 버튼 인근에 위치한 경우 3점, 하우스 내 비교적 유효한 위치에 정지한 경우 2점, 하우스 가장자리에 위치한 경우 1점, 하우스에 진입하지 못한 경우 0점으로 평가하였다. Freeze는 목표 스톤에 완전히 밀착되거나 충돌 후에도 이상적 위치를 유지한 경우 4점, 그보다 한 단계 낮은 위치 결과를 보인 경우 3점, 중간 수준의 위치에 정지한 경우 2점, 하우스 외곽 수준의 위치에 정지한 경우 1점, 하우스에 진입하지 못했거나 목표 스톤이 하우스 밖으로 밀려난 경우 0점으로 평가하였다. Tap-back은 목표 스톤을 밀어 티라인 앞쪽 유리한 위치에 정지시킨 경우 4점, 티라인 뒤쪽에 정지시킨 경우 2점, 목표 스톤을 맞지 못했거나 충돌 후 하우스 밖으로 이탈한 경우 0점으로 평가하였다. 드로우 샷 방식은 (Fig. 1)과 같다.

2. 테이크아웃 샷 수행력

테이크아웃 샷 수행력은 Hit-and-stay, Run-back, Hit-and-roll, Double take-out 샷을 통해 평가하였다. 테이크아웃 샷의 점수 또한 샷별 수행 결과에 따라 0~4점으로 부여하였다. Hit-and-stay는 목표 스톤 제거와 동시에 자신의 스톤이 이상적 위치에 유지된 경우

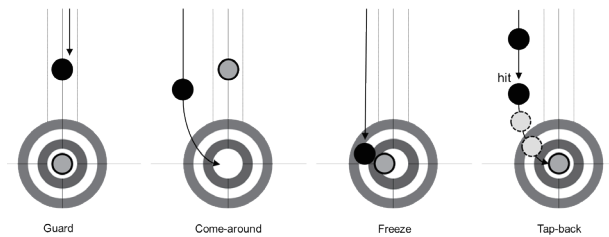


Fig. 1. Draw shot techniques in wheelchair curling

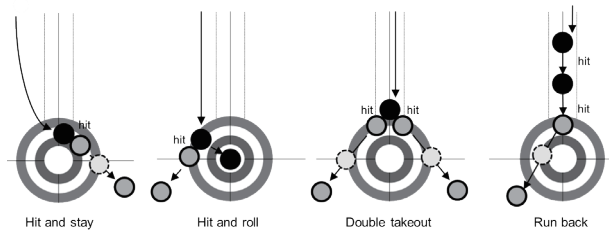


Fig. 2. Takeout shot techniques in wheelchair curling

4점, 제거는 성공하였으나 위치가 다소 벗어난 경우 중간 점수, 제거 실패 또는 위치 확보 실패 시 0점으로 평가하였다. Run-back은 전방 스톤을 통해 후방의 목표 스톤 제거에 성공하고 의도한 결과를 달성한 경우 4점, 제거는 부분적으로 성공하였으나 결과가 제한적인 경우 중간 점수, 제거 실패 시 0점으로 평가하였다. Hit-and-roll은 목표 스톤 제거 후 자신의 스톤이 지정된 유리한 위치로 이동한 경우 4점, 제거는 성공하였으나 이동 위치의 정확성이 떨어진 경우 중간 점수, 제거 실패 또는 위치 확보 실패 시 0점으로 평가하였다. Double take-out은 목표 스톤 2개 이상을 성공적으로 제거한 경우 4점, 일부 제거에 성공한 경우 중간 점수, 제거에 실패한 경우 0점으로 평가하였다. 테이크아웃 샷 방식은 <Fig. 2>와 같다.

통계 처리

본 연구에서 수집된 체력 변인은 평균과 표준편차(mean $\pm$ standard deviation)로 제시하였다. 체력 변인의 정규성은 Shapiro-Wilk 검정을 통해 확인하였으며, 정규성 가정을 만족하는 경우 NT군과 NNT군 간 차이를 검증하기 위해 독립표본 t-test를 실시하였다. 체력 변인에 대해서는 Cohen's d를 산출하여 효과크기를 제시하였다. 스톤 딜리버리 수행력은 비모수적 접근이 적절하다고 판단하여 집단

간 비교에 Mann-Whitney U 검정을 적용하였다. 스톤 딜리버리 수행력에 대해서는 중앙값과 사분위범위[median (IQR)]를 함께 제시하였으며, 효과크기(effect size)는 Mann-Whitney U 검정의 Z값을 기반으로 산출한 r값으로 제시하였다. 모든 통계분석은 IBM SPSS Statistics for Windows, Version 26.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 사용하여 수행하였으며, 통계적 유의수준은 .05로 설정하였다.

연구결과

드로우 샷 인턴

경기력 수준에 따른 드로우샷 In-turn 수행력을 비교한 결과는 <Table 2>와 같다. NT군은 NNT군보다 Come-around In-turn과 Freeze In-turn에서 유의하게 높은 점수를 보였다(각각 $U=53.00$, $p=.022$, $r=.57$; $U=51.00$, $p=.046$, $r=.50$). 반면, Guard In-turn과 Tap-back In-turn에서는 두 집단 간 유의한 차이가 나타나지 않았다(각각 $U=29.50$, $p=.824$, $r=.06$; $U=45.50$, $p=.131$, $r=.38$).

드로우 샷 아웃턴

경기력 수준에 따른 드로우샷 Out-turn 수행력을 비교한 결과는 <Table 3>과 같다. Guard Out-turn, Come-around Out-turn, Freeze Out-turn 및 Tap-back Out-turn 모두에서 두 집단 간 유의한 차이가 나타나지 않았다(각각 $U=31.00$, $p=.956$, $r=.01$; $U=38.00$, $p=.545$, $r=.15$; $U=45.50$, $p=.151$, $r=.36$; $U=45.00$, $p=.151$, $r=.36$).

테이크아웃 샷 인턴

경기력 수준에 따른 테이크아웃샷 In-turn 수행력을 비교한 결과는 <Table 4>와 같다. Hit-and-stay In-turn, Run-back In-turn, Hit-and-roll In-turn 및 Double take-out In-turn 모두에서 두 집단 간 유의한 차이가 나타나지 않았다(각각 $U=47.50$, $p=.097$, $r=.42$; $U=29.00$, $p=.770$, $r=.07$; $U=49.00$, $p=.072$, $r=.45$; $U=34.50$, $p=.824$, $r=.06$). 다만 Hit-and-roll In-turn에서는 통계적으로 유의하지는 않았으나, NT군이 상대적으로 높은 수행 수준과 중간 수준의 효과크기를 보였다($U=49.00$, $p=.072$, $r=.45$).

Table 2. Comparison of in-turn draw shot performance between the NT and NNT groups

Variables	NT ($n=8$), median (IQR)	NNT ($n=8$), median (IQR)	U	p	r
Guard In-turn (score)	3.00 (0.75–3.00)	3.00 (0.75–3.25)	29.50	.824	.06
Come-around In-turn (score)	2.50 (2.00–3.00)	1.00 (1.00–1.25)	53.00	.022*	.57
Freeze In-turn (score)	3.00 (2.50–3.25)	1.50 (0.00–2.00)	51.00	.046*	.50
Tap-back In-turn (score)	1.50 (0.00–4.00)	0.00 (0.00–0.50)	45.50	.131	.38

Values are presented as median (interquartile range). Group comparisons were conducted using the Mann-Whitney U test because the stone delivery scores are ordinal. Effect size (r) is reported for group comparisons. * $p<.05$. NT, national team group; NNT, non-national team group.

Table 3. Comparison of out-turn draw shot performance between the NT and NNT groups

Variables	NT (<i>n</i> =8), median (IQR)	NNT (<i>n</i> =8), median (IQR)	<i>U</i>	<i>p</i>	<i>r</i>
Guard Out-turn (score)	1.00 (0.75–1.50)	2.00 (0.00–3.00)	31.00	.956	.01
Come-around Out-turn (score)	2.50 (1.00–3.00)	2.00 (1.50–2.25)	38.00	.545	.15
Freeze Out-turn (score)	3.00 (1.75–3.00)	1.50 (0.00–3.00)	45.50	.151	.36
Tap-back Out-turn (score)	4.00 (0.75–4.00)	0.00 (0.00–2.50)	45.00	.151	.36

Values are presented as median (interquartile range). Group comparisons were conducted using the Mann–Whitney *U* test because the stone delivery scores are ordinal. Effect size (*r*) is reported for group comparisons. **p*<.05. NT, national team group; NNT, non-national team group.

Table 4. Comparison of in-turn take-out shot performance between the NT and NNT groups

Variables	NT (<i>n</i> =8), median (IQR)	NNT (<i>n</i> =8), median (IQR)	<i>U</i>	<i>p</i>	<i>r</i>
Hit-and-stay In-turn (score)	3.00 (2.00–4.00)	2.00 (1.00–2.00)	47.50	.097	.42
Run-back In-turn (score)	2.00 (2.00–2.00)	2.00 (1.75–4.00)	29.00	.770	.07
Hit-and-roll In-turn (score)	3.00 (2.00–3.25)	1.50 (1.00–3.00)	49.00	.072	.45
Double take-out In-turn (score)	2.00 (1.00–2.00)	1.50 (1.00–2.50)	34.50	.824	.06

Values are presented as median (interquartile range). Group comparisons were conducted using the Mann–Whitney *U* test because the stone delivery scores are ordinal. Effect size (*r*) is reported for group comparisons. **p*<.05. NT, national team group; NNT, non-national team group.

Table 5. Comparison of out-turn take-out shot performance between the NT and NNT groups

Variables	NT (<i>n</i> =8), median (IQR)	NNT (<i>n</i> =8), median (IQR)	<i>U</i>	<i>p</i>	<i>r</i>
Hit-and-stay Out-turn (score)	2.00 (1.75–2.50)	1.50 (1.00–4.00)	35.00	.781	.07
Run-back Out-turn (score)	2.00 (2.00–3.00)	2.00 (2.00–4.00)	29.00	.760	.08
Hit-and-roll Out-turn (score)	2.00 (1.00–2.25)	1.00 (0.00–3.00)	40.00	.414	.20
Double take-out Out-turn (score)	2.00 (2.00–2.00)	2.00 (1.00–2.50)	35.50	.725	.09

Values are presented as median (interquartile range). Group comparisons were conducted using the Mann–Whitney *U* test because the stone delivery scores are ordinal. Effect size (*r*) is reported for group comparisons. **p*<.05. NT, national team group; NNT, non-national team group.

Table 6. Comparison of physical fitness parameters between the NT and NNT groups

Variables	NT (<i>n</i> =8)	NNT (<i>n</i> =8)	<i>t</i>	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>
Left grip strength (kg)	47.49 ± 7.76	41.15 ± 5.96	1.83	.088	0.92
Right grip strength (kg)	49.16 ± 4.70	42.16 ± 7.64	2.21	.045*	1.10
Modified pull-up (reps)	72.12 ± 4.05	63.88 ± 7.62	2.70	.017*	1.35
Forward reach distance (left arm, cm)	47.88 ± 11.15	37.00 ± 13.42	1.76	.100	0.88
Forward reach distance (right arm, cm)	52.75 ± 10.31	39.25 ± 11.03	2.53	.024*	1.26
14-m wheelchair shuttle ride (shuttle)	47.12 ± 11.89	25.75 ± 9.36	4.00	.001*	2.00

Values are presented as mean ± standard deviation. Group comparisons were conducted using independent *t*-tests. Cohen's *d* is reported as the effect size. **p*<.05. NT, national team group; NNT, non-national team group.

테이크아웃 샷 아웃턴

경기력 수준에 따른 테이크아웃샷 Out-turn 수행력을 비교한 결과는 <Table 5>와 같다. Hit-and-stay Out-turn, Run-back Out-

turn, Hit-and-roll Out-turn 및 Double take-out Out-turn 모두에서 두 집단 간 유의한 차이가 나타나지 않았다(각각 *U*=35.00, *p*=.781, *r*=.07; *U*=29.00, *p*=.760, *r*=.08; *U*=40.00, *p*=.414, *r*=.20; *U*=35.50, *p*=.725, *r*=.09).

기초 체력

경기력 수준에 따른 기초 체력 변인을 비교한 결과는 <Table 6>과 같다. NT군은 NNT군보다 우측 악력, 누워서 턱걸이, 우측 전방도달거리, 14-m wheelchair shuttle ride에서 유의하게 높게 나타났다(각각 $t=2.21$, $p=.045$, $d=1.10$; $t=2.70$, $p=.017$, $d=1.35$; $t=2.53$, $p=.024$, $d=1.26$; $t=4.00$, $p=.001$, $d=2.00$). 반면, 좌측 악력과 좌측 전방도달거리에서는 두 집단 간 유의한 차이가 나타나지 않았다($p>.05$).

논 의

본 연구에서는 경기력 수준에 따른 스톤 딜리버리 수행력과 기초 체력 변인을 비교·분석하였다. 휠체어 컬링은 상지 중심의 추진과 릴리즈, 체간 안정성, 그리고 샷 유형별 정밀 제어가 복합적으로 요구되는 종목이다. 따라서 스톤 딜리버리 수행력 차이는 모든 조건에서 동일하게 나타나기보다 특정 기술 조건에서 선택적으로 나타날 가능성이 있다. 이에 본 연구에서는 먼저 스톤 딜리버리 수행력을 중심으로 경기력 수준 간 차이를 해석하고, 이후 체력 변인에서 확인된 결과를 바탕으로 경기력 수준에 따른 수행 특성을 종합적으로 논의하고자 한다.

스톤 딜리버리 수행력에서는 경기력 수준에 따라 샷 유형과 회전 방향에서 선택적인 차이가 나타났다. 먼저 드로우샷에서는 In-turn 조건의 Come-around와 Freeze에서만 NT가 NNT보다 높은 수행 수준을 보였으며($p=.022$, $p=.046$). Out-turn 조건에서는 모든 변인에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 경기력 수준에 따른 스톤 딜리버리 수행력 차이가 드로우샷 전방에서 일관되게 나타나는 것이 아니라, 특정 회전 방향과 정밀 제어 조건에서 선택적으로 나타남을 의미한다.

Come-around와 Freeze는 단순히 스톤을 하우스 내로 진입시키는 수준이 아니라, 가드 뒤 혹은 목표 스톤 인접 위치에 스톤을 정밀하게 배치해야 하는 샷이라는 점에서 높은 수준의 릴리즈 제어와 거리 조절 능력을 요구한다. 실제로 휠체어 컬링의 운동제어를 정량적으로 분석한 연구에서는 체간이 정확한 딜리버리 동작 제어를 위한 안정적 기반을 제공하며, 정확한 수행을 위해서는 미세한 제어가 중요하다고 보고하였다(Wang et al., 2022). 또한 2017 세계휠체어컬링선수권대회 경기분석에서도 드로우와 테이크 계열 모두에서 인턴 성공률이 높게 나타났다고 보고되어, 본 연구에서 In-turn 조건에서만 차이가 나타난 결과를 부분적으로 지지한다(Lee et al., 2017). 따라서 NT가 Come-around와 Freeze와 같은 드로우 샷에서 우수한 수행을 보인 것은 숙련된 릴리즈 제어와 상황별 능력이 반영된 결과로 해석할 수 있다.

반면 드로우샷 Out-turn에서는 모든 변인에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 Out-turn 조건에서 두 집단 모두 상대적으로 안정된 수행 패턴을 보여 집단 간 차이가 드러나지 않았을 가능성을 시사한다. Wang et al.(2022)은 엘리트 휠체어 컬링 선수의 딜리버리 동작을 정량 분석하여, 숙련된 선수일수록 체간-견관절-주관절-수관절로 이어지는 협응 패턴이 수행 변동성을 줄이는 데 기여함을 보고하였다. 이러한 관점에서 볼 때, Out-turn 조건에서는 두 집단 모두 상대적으로 안정된 수행 패턴을 보였을 가능성이 있다. 또한 컬링 수행

결과는 선수의 운동제어뿐 아니라 아이스 표면의 페블 상태와 마찰 특성 등 환경 조건의 영향을 함께 받기 때문에(Penner, 2001), 특정 조건에서는 집단 간 차이가 상쇄될 가능성을 배제할 수 없다.

테이크아웃 샷에서는 모든 변인에서 집단 간 유의한 차이가 나타나지 않았다. 다만 In-turn 조건의 Hit-and-roll은 통계적으로 유의하지는 않았으나 NT가 NNT보다 상대적으로 높은 수행 경향과 중간 수준 이상의 효과크기를 보였다($U=49.00$, $p=.072$, $r=.45$). 이러한 결과는 테이크아웃 샷에서 경기력 수준에 따른 차이가 드로우 샷만큼 명확하게 나타나지 않았음을 의미한다. 컬링 기술 분류에서 드로우는 위치 확보를, 테이크아웃은 제거를 1차 목적으로 하는 샷으로 구분되며, 테이크아웃 샷은 스톤 간 충돌 각도와 아이스 표면 상태에 따라 결과 변동성이 크게 나타날 수 있다(Penner, 2001; Shegelski & Lozowski, 2018). 따라서 본 연구에서 테이크아웃 샷의 대부분 변인에서 유의한 차이가 나타나지 않은 것은 충돌 기반 과제 변동성과 소표본 특성이 함께 반영된 결과일 가능성이 있다. 다만 Hit-and-roll은 단순 제거를 넘어 제거 후 위치 제어가 요구되는 과제라는 점에서, 향후 더 큰 표본을 대상으로 추가 검증할 필요가 있다. 종합하면, 본 연구의 스톤 딜리버리 수행력 결과는 경기력 수준 차이가 모든 샷에서 일관되게 나타나기보다, 정밀한 위치 제어가 요구되는 드로우 샷 In-turn 조건에서 상대적으로 뚜렷하게 나타남을 시사한다.

체력 변인에서는 NT가 NNT보다 우측 악력, 누워서 턱걸이, 우측 전방도달거리, 14-m 셔틀라이드에서 높은 수행 수준을 보였다($p=.045$, $p=.017$, $p=.024$, $p=.001$). 체력 변인에서 NT가 NNT보다 우수한 결과를 보인 것은 국가대표 수준의 선수들이 장기간 고강도 훈련 경험을 통해 휠체어 컬링에 요구되는 상지 근기능, 체간 조절 능력, 반복 수행 능력을 더 발달시켰을 가능성을 시사한다. 휠체어 컬링 딜리버리는 하지 추진 없이 상지와 체간을 중심으로 수행되므로, 악력과 상지 근지구력은 스톤 릴리즈 시 힘 전달과 반복 수행 안정성에 기여할 수 있으며, 전방도달거리는 앉은 자세에서의 체간 조절과 릴리즈 범위 확보에 관여할 수 있다.

특히 우측 전방도달거리에서 선택적으로 유의한 차이가 나타난 점은 딜리버리 수행에 사용되는 편측 상지의 기능적 우위를 부분적으로 반영한 결과일 가능성이 있다. 휠체어 스포츠에서는 상지 중심 수행이 요구되는 종목의 경우 편측성 특성이 경기력 프로파일링에 중요한 요소로 제시되어 왔으며(Paulson & Goosey-Tolfrey, 2017), 휠체어 컬링 딜리버리에서도 견관절과 주관절의 역학적 제어가 릴리즈 정밀도에 중요한 역할을 하는 것으로 보고되었다(Laschowski et al., 2017). 또한 실내 휠체어 컬링 훈련이 앉은 자세에서의 상지-체간 협응과 관련될 수 있다는 보고는 본 연구에서 전방도달거리와 상지 근지구력 차이가 나타난 결과를 부분적으로 뒷받침한다(Herzog et al., 2018).

이와 더불어 14-m 휠체어 셔틀라이드 테스트에서 NT가 NNT보다 유의하게 높은 수행 수준을 보인 것은 NT가 반복적인 휠체어 추진과 방향 전환 상황에서 더 우수한 이동 수행 능력과 피로 저항성을 가지고 있음을 시사한다. 휠체어 컬링은 경기 중 여러 엔드에 걸쳐 딜리버리 준비, 투구 위치 이동, 경기 상황 판단, 릴리즈 동작이 반복되는 종목이므로, 심폐체력과 반복 이동 능력은 경기 후반부까지 안정적인 자세 제어와 정밀한 릴리즈를 유지하는 데 중요한 신체적 기반으로 작용할 수 있다. 따라서 14-m 휠체어 셔틀라이드 테스트 결과는 단순한 이동 능력 차이가 아니라, 반복적인 경기 상황에서 딜리버리 준비와 수행 안정성을 유지하는 체력적 기반의 차이를 반영한 것으로

해석된다. 이는 NT의 체력적 우위가 휠체어 컬링 수행에 요구되는 경기특이적 체력 특성임을 시사한다.

다만 본 연구는 체력과 기술 수행 간의 직접적 인과관계를 검증한 것이 아니므로, 우수한 경기력 수준이 기술 스톤 딜리버리 수행력 차이를 직접 설명한다고 해석하는 데는 신중함이 필요하다. 그럼에도 불구하고 NT가 일부 체력 변인과 딜리버리 샷에서 선택적인 우위를 보였다는 점은, 휠체어 컬링 수행에서 체력적 기반과 정밀한 기술 제어가 함께 고려될 필요가 있음을 시사한다.

결론 및 제언

본 연구는 휠체어 컬링 선수의 경기력 수준에 따른 체력과 스톤 딜리버리 수행력의 차이를 분석하였다. 그 결과, 체력 변인에서는 NT가 NNT보다 우측 악력, 누워서 턱걸이, 우측 전방도달거리, 14-m wheelchair shuttle ride에서 유의하게 높게 나타났다. 스톤 딜리버리 수행력에서는 드로우샷 In-turn의 Come-around와 Freeze에서만 NT가 NNT보다 유의하게 높은 수행 수준을 보였으며, 테이크아웃샷과 Out-turn 조건에서는 유의한 집단 간 차이가 나타나지 않았다. 다만, 테이크아웃샷 In-turn의 Hit-and-roll에서는 통계적으로 유의하지는 않았으나 NT가 더 높은 수행 경향과 중간 수준의 효과크기를 보였다.

이러한 결과는 휠체어 컬링 선수의 경기력 수준 차이가 모든 샷 수행에서 일관되게 나타나는 것이 아니라, 일부 체력 변인과 정밀한 위치 제어가 요구되는 드로우샷 In-turn 조건에서 선택적으로 나타남을 시사한다. 따라서 경기력 평가와 훈련 설계에서는 상지 근력, 근지구력, 체간 조절 능력, 반복 이동 능력과 함께 Come-around 및 Freeze와 같은 고정밀 드로우샷 수행 능력을 중요하게 고려할 필요가 있다. 향후 연구에서는 테이크아웃샷 수행력의 역할을 보다 명확히 규명하기 위해 더 큰 표본을 대상으로 효과크기 기반 분석과 실제 경기 성적과의 관련성 검증이 필요하다.

CONFLICT OF INTEREST

논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

AUTHOR CONTRIBUTION

Conceptualization: Yeong-Hyun Cho and Tae-Whan Kim; Data curation: Yeong-Hyun Cho, Seong-Mo Jin, You-Sung Lee, and Jung-Hun Kim; Formal analysis: Seong-Mo Jin, Hyeonsu Park, and Ji-Young Kim; Methodology: Yeong-Hyun Cho, Ji-Young Kim, and Tae-Whan Kim; Project administration: Yeong-Hyun Cho and Tae-Whan Kim; Visualization: Yeong-Hyun Cho, Hyeonsu Park, and You-Sung Lee; Writing—original draft: Yeong-Hyun Cho, Seong-Mo Jin, and Ji-Young Kim; Writing—review and editing: Yeong-Hyun Cho and Tae-Whan Kim

참고문헌

- Arsh, A., Darain, H., Rahman, M. U., Ullah, I., & Shakil-Ur-Rehman, S. (2021). Reliability of modified functional reach test in the assessment of balance function in people with spinal cord injury: A systematic review. *Journal of the Pakistan Medical Association*, 71(8), 2040–2044.
- Bernardi, M., Carucci, S., Faiola, F., Egidi, F., Marini, C., Castellano, V., Faina, M., & Bhambhani, Y. N. (2012). Physical fitness evaluation of paralympic winter sports sitting athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 22(1), 26–30.
- Chung, K. H., & Choi, S.-G. (2020). Development of estimation equation for peak oxygen uptake using shuttle run in wheelchair basketball players. *Korean Journal of Adapted Physical Activity*, 28(1), 93–102.
- Gagnon, D. H., Roy, A., Gabison, S., Duclos, C., Verrier, M. C., & Nadeau, S. (2016). Effects of seated postural stability and trunk and upper extremity strength on performance during manual wheelchair propulsion tests in individuals with spinal cord injury: an exploratory study. *Rehabilitation Research and Practice*, 2016(1), 6842324.
- Gao, P., Zhao, R., Wang, S., & Han, T. (2024). Physical fitness parameters of elite Chinese wheelchair curlers. *International Journal of Morphology*, 42(1), 46–51.
- Goosey-Tolfrey, V. L., Paulson, T. A. W., & Graham-Paulson, T. S. (2017). Handgrip strength in wheelchair sport: A pilot study. *Sports*, 5(3), 67.
- Herzog, T., Swenenburg, J., Hupp, M., & Mittaz Hager, A.-G. (2018). Effect of indoor wheelchair curling training on trunk control of person with chronic spinal cord injury: A randomised controlled trial. *Spinal Cord Series and Cases*, 4, Article 26.
- Laschowski, B., Hopkins, C. C. D., McPhee, J., & Andrysek, J. (2017). Inverse dynamics modeling of Paralympic wheelchair curling. *Journal of Applied Biomechanics*, 33(4), 294–299.
- Lee, Y. M., Kim, Y.-S., & Beak, J. C., (2017). Performance analysis of 2017 World Wheelchair Curling Games. *Journal of the Korean Society for Wellness*, 12(4), 615–625. <https://doi.org/10.21097/ksw.2017.11.12.4.615>
- Li, W., Zhang, X., & Zhao, C. (2026). The expert's fixation: Cognitive efficiency and attentional selectivity in wheelchair curling athletes across the expertise spectrum. *Frontiers in Psychology*, 17, Article 1739477.
- Masui, F., Otani, H., Yanagi, H., & Ptaszynski, M. (2016). Informatics to support tactics and strategies in curling. *International Journal of Automation Technology*, 10(2), 244–252.
- Pate, R., Oria, M., Pillsbury, L., & Committee on Fitness Measures and Health Outcomes in Youth. (2012). Health-related fitness measures for youth: Flexibility. In *Fitness Measures and Health Outcomes in Youth*. National Academies Press.
- Paulson, T., & Goosey-Tolfrey, V. L. (2017). Current perspectives on profiling and enhancing wheelchair court sport performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(3), 275–286.
- Penner, A. R. (2001). The physics of sliding cylinders and curling rocks. *American Journal of Physics*, 69(3), 332–339.
- Roberts, H. C., Denison, H. J., Martin, H. J., Patel, H. P., Syddall, H., Cooper, C., & Sayer, A. A. (2011). A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: Towards a standardised approach. *Age and Ageing*, 40(4), 423–429.
- Shegelski, M. R. A., & Lozowski, E. (2018). First principles pivot-slide model of the motion of a curling rock: Qualitative and quantitative predictions. *Cold Regions Science and Technology*, 146, 182–186.
- Wang, X., Liu, R., Zhang, T., & Shan, G. (2022). The proper motor control model revealed by wheelchair curling quantification of elite athletes. *Biology*, 11(2), 176.
- World Curling Federation. (2024). *The rules of curling and rules of competition*. World Curling Federation.
- Zacharias, E., Robak, N., & Passmore, S. (2024). An examination of studies related to the sport of curling: A scoping review. *Frontiers in Sports and Active Living*, 6, 1291241.

경기력 수준에 따른 휠체어 컬링 선수의 체력 및 스톤 딜리버리 수행력 비교

조영현¹, 진승모², 박현수², 이유성², 김정훈³, 김지영¹, 김태완^{4*}

¹한국스포츠과학원, 연구위원

²한국스포츠과학원, 분석연구원

³대한장애인컬링협회, 사무국장

⁴한국스포츠과학원, 수석연구원

*교신저자: 김태완(burumi@kspo.or.kr)

[목적] 본 연구의 목적은 휠체어 컬링 선수의 경기력 수준에 따른 체력 변인과 스톤 딜리버리 수행력을 비교·분석하는 것이다.

[방법] 총 16명의 남자 휠체어 컬링선수를 대상으로 하였으며, 국가대표군(NT, $n=8$)과 비국가대표군(NNT, $n=8$)으로 구분하였다. 체력 변인은 악력, 누워서 턱걸이, 전방도달거리, 14-m 휠체어 셔틀 테스트를 포함하였다. 스톤 딜리버리 수행력은 표준화된 조건에서 드로우샷과 테이크아웃 샷을 통해 평가하였다.

[결과] 체력 변인에서는 NT가 NNT보다 우측 악력($p=.045$), 누워서 턱걸이($p=.017$), 우측 전방도달거리($p=.024$), 14-m 휠체어 셔틀라이드 테스트($p=.001$)에서 유의하게 높게 나타났다. 스톤 딜리버리 수행력에서는 드로우샷 In-turn의 Come-around($p=.022$)와 Freeze($p=.046$)에서 NT가 NNT보다 유의하게 높게 나타났다. 반면, 모든 테이크아웃샷 변인과 Out-turn 조건에서는 집단 간 유의한 차이가 나타나지 않았다($p>.05$). 다만 테이크아웃샷 In-turn의 Hit-and-roll에서는 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았으나($p=.072$), NT가 상대적으로 높은 수행 경향과 중간 수준의 효과크기($r=.45$)를 보였다.

[결론] 휠체어 컬링 선수의 경기력 수준 차이는 일부 체력 변인과 정밀한 위치 제어가 요구되는 드로우샷 In-turn 수행에서 선택적으로 확인되었다. 따라서 경기력 평가와 훈련 설계에서는 상지 근력과 근지구력, 체간 조절 능력, 반복 이동 능력과 함께 Come-around와 Freeze를 포함한 고정밀 드로우샷 In-turn 수행 안정성을 함께 고려할 필요가 있다.

주요어

휠체어 컬링, 패러 선수, 경기력 수준, 체력, 스톤 딜리버리 수행력